

投影型 AR 技術を用いた作業支援における情報の視認性向上のための投影光制御手法

著者	越後 佑暉
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	87
号	1
ページ	322-323
発行年	2018-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/00123563

修士学位論文要約（平成30年3月）

投影型 AR 技術を用いた作業支援における
情報の視認性向上のための投影光制御手法

越後佑暉

指導教員：菅沼 拓夫， 学位論文指導教員：阿部 亨

A Projection Light Control Method for Improving Information Legibility in
Work Support with Projection AR Technology

Yuki ECHIGO

Supervisor: Takuo SUGANUMA, Research Advisor: Toru ABE

For supporting various types of work such as equipment operation, several projection AR technology-based methods have been proposed, where work support information (characters and figures) is directly projected onto target equipment. To promote the effectiveness of these methods, improving the legibility of projected information is necessary. One of the legibility of projected information is its contrast ratio (CR), which is the ratio between the foreground (projected characters and figures) and the background (projection surface) luminance levels. Since the output luminance level from a usual projector does not always correspond with the input value into the projector, the CR value of projected information cannot necessarily be maximized by maximizing / minimizing input values for the foreground / background areas and vice versa. In this research, we propose a method to automatically determine appropriate projection patterns (input values into the projector corresponding to the foreground / background areas) that maximize the CR value of projected information.

1. 序論

携帯型プロジェクタとカメラを用いた AR 技術により機器操作等の作業支援を行うため、対象機器に情報（文字や図形）を直接投影する手法が提案されている。この手法の実現には、投影光と投影面の色の区別が困難である等の光学的要因を考慮した視認性の向上を行う機能が必要である。視認性の基準として、コントラスト比 (CR)¹⁾ が広く利用されており、CR は前景・背景の輝度値の比で計算され、値が大きいほど視認性が高い。しかし、プロジェクタへの入力と観測される輝度値は単調増加になるとは限らず²⁾、前景・背景領域の各々に対応するプロジェクタへの入力の一方を最大に、他方を最小にしても、投影された情報の CR が最大になるとは限らない。また、投影情報の CR が最大となる投影パターンを決定する手法³⁾ が提案されているが、プロジェクタへの入力とカメラからの出力の関係を線形近似し、CR が最大となる投影パターンを総当たりで探索しているため、適切な投影パターンの推定精度が低く、推定のための処理量も多い。そこで、本研究では、投影された情報の CR を最大とする投影パターン（前景・背景領域各々に対応するプロジェクタへの入力）を正確かつ効率的に決定可能な手法を提案する。

2. 提案手法

本研究では、手法³⁾ に比べ、投影された情報の CR をより正確に予測し、CR が最大となる投影パターンを効率的に決定する手法を提案する。まず、プロジェクタの特性 f_p 、カメラの特性 f_c 、投影面の特性 f_o をモデル化し、プロジェクタへの入力 P_i と観測値（反射光） C_i の関係 $C_i = f(P_i)$ を推定する。ここで、図 1 から $f = f_o \circ f_p$ であり、 f_o は事前に計算した f_p 、 f_c を使い、投影面毎に計算する。次に、求めた関係 $C_i = f(P_i)$ から、観測値 $C_i = (R_i, G_i, B_i)$ の輝度値 $L = 0.2126R_i + 0.7152G_i + 0.0722B_i$ を最大とするプロジェクタへの入力 $\max P_i$ を決定する。 $\max P_i$ は、 $C_i = f(P_i)$ に対して遺伝的アルゴリズム（個体数 N 、最大世代数 G ）を適用することで決定する。最後に、先で決定された $\max P_i$ およびユーザが指定した前景・背景色の関係（前景・背景どちらが明るい）から、投影パターンを決定する。

3. 実験

本研究では、提案手法の有効性を検証する実験を行った。実験では、室内（ブラインドで遮光、照明は消灯）において、投影面はスクリーンと画用紙（赤、黄緑、青）とし、携帯型プロジェクタは 400-PRJ021、Web カメラは Logicool C615、測光計は Specbos1201 を

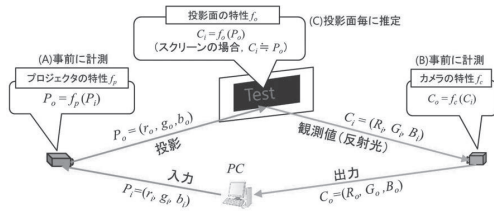


図 1: プロジェクタ・カメラ・投影面の特性のイメージ

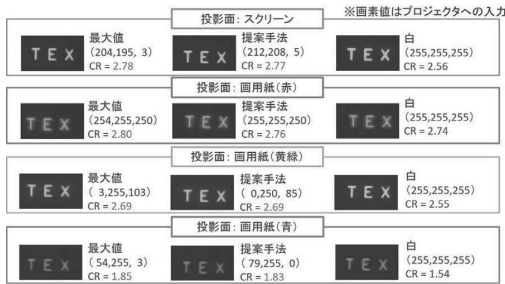


図 2: 前景＝明るい領域，背景＝暗い領域（実験 1）

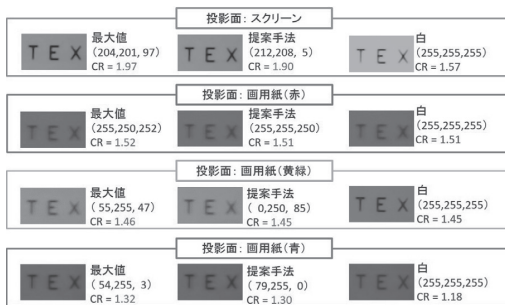


図 3: 前景＝暗い領域，背景＝明るい領域（実験 1）

それぞれ用いて行った。プロジェクタ・投影面・カメラの位置は 1m で固定した。

3.1 実験 1：提案手法のパターン決定精度の検証

実験 1 では、提案手法により決定された投影パターンにより得られる CR が実際の最大値にどれだけ近いかを検証した。文字は「TEX」で固定、プロジェクタへの入力値は暗い領域は黒 (0, 0, 0)、明るい領域は CR が最大となる値・提案手法で決定された $\max P_i$ ($N = 300, G = 100$)・白 (255, 255, 255) の三種類で行った。実験結果を図 2, 3 に示す。図中の CR は、撮影した画像の文字・背景部分を分割し、各々の平均画素値から計算した。これらの結果から、提案手法により決定された投影パターンは概ね最大値に近い値を実現していることが確認された。

3.2 実験 2：提案手法による視認性向上効果の検証

実験 2 では、提案手法で決定された投影パターンで視認性が向上される効果を検証した。具体的には、

9人の判読時間の平均[s]

投影面	最大値	提案手法	白
スクリーン	1.40	1.37	1.64
画用紙(赤)	1.42	1.38	1.49
画用紙(黄緑)	*1.40	*1.40	1.79
画用紙(青)	*1.38	*1.39	1.83

* 前景が白の場合との差は有意水準 5% で有意

9人の正答率の平均[%]

投影面	最大値	提案手法	白
スクリーン	95.6	100.0	95.6
画用紙(赤)	100.0	100.0	95.6
画用紙(黄緑)	97.8	95.6	95.6
画用紙(青)	97.8	97.8	97.8

※ 画素値はプロジェクタへの入力



図 4: 前景＝明るい領域，背景＝暗い領域（実験 2）

9人の判読時間の平均[s]

投影面	最大値	提案手法	白
スクリーン	*1.51	*1.42	2.08
画用紙(赤)	1.54	1.42	1.55
画用紙(黄緑)	1.46	1.44	2.01
画用紙(青)	*1.67	*1.62	2.30

* 背景が白の場合との差は有意水準 5% で有意

9人の正答率の平均[%]

投影面	最大値	提案手法	白
スクリーン	95.6	95.6	95.6
画用紙(赤)	86.7	93.3	86.7
画用紙(黄緑)	97.8	97.8	91.1
画用紙(青)	91.1	93.3	91.1

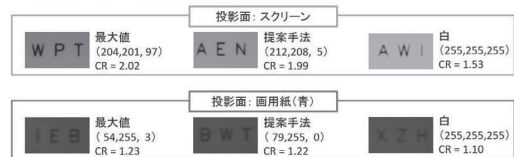


図 5: 前景＝暗い領域，背景＝明るい領域（実験 2）

正常な視力の被験者 9 名に対してアルファベット 3 文字 (U と V, O と Q の類似した文字は除外) をランダムに投影し、読み取り時間と正答率を計測した。プロジェクタへの入力と投影面は実験 1 と同様、被験者と投影面の距離は 5m で固定した。各パターンを 5 回ずつ投影し、計 $5 \times 3 = 15$ 回行った。実験結果を図 4, 5 に示す。この結果から、提案手法の文字の読み取り時間が白 (255, 255, 255) のパターンに比べて短縮されることが確認できた。

4. 結論

本研究では、投影型 AR 作業支援技術における光学的要因を考慮した視認性の向上を目的とし、任意の投影面に対して、投影された情報の CR を最大とする投影パターン (前景・背景領域各々対応するプロジェクタへの入力) を正確かつ効率的に決定可能な手法を提案した。実験結果から、提案手法の推定精度は高く、読み取り時間が短縮されたことから本手法の有効性を確認した。

参考文献

- 1) Available : <https://www.w3.org/TR/WCAG20/#content-structure-separation>
- 2) A. Majumder et al., "Color Non-Uniformity in Projection Based Displays: Analysis and Solutions", IEEE Trans. Vis. Comput. Graphics, Vol. 10, No 2, March, pp.177-188 (2004).
- 3) 釣賀亮佑 他, "携帯型プロジェクタとカメラを用いた作業支援のための情報投影手法" 東北大学修士学位論文 (2016).